

彭秀华, 顾晓丽, 张士玉, 等. 三维动脉自旋标记技术评估正常人脑血流量的研究[J]. CT 理论与应用研究, 2018, 27(2): 241-248. doi:10.15953/j.1004-4140.2018.27.02.12.

Peng XH, Gu XL, Zhang SY, et al. The study of 3D-ASL in assessing cerebral blood flow in normal persons[J]. CT Theory and Applications, 2018, 27(2): 241-248. (in Chinese). doi:10.15953/j.1004-4140.2018.27.02.12.

三维动脉自旋标记技术评估正常人脑血流量的研究

彭秀华, 顾晓丽, 张士玉, 梁宗辉[✉]

(上海市静安区中心医院放射科, 上海 200040)

摘要: 目的: 研究磁共振三维动脉自旋标记 (3D-ASL) 技术测量正常人的脑血流量的可行性、准确性。方法: 将 63 名健康志愿者分成两组, 其中以 60 岁为分界线, A 组 (<60 岁, 共 33 人, 平均年龄 36 岁, 其中男性 14, 女性 19 人; B 组 (≥60 岁) 共 30 人, 平均年龄 69 岁, 其中男性 12 人, 女性 18 人。采用常规 MRI、ASL 及 3D T1 序列进行检查, 经图像后处理得到血流量 (CBF) 图, 将 CBF 伪彩图与 3D-T1 序列相匹配, 分别测量各部位的脑 CBF 值, 利用方差分析法分析 CBF 值与年龄、男女不同性别以及部位之间的关系。结果: 右侧额叶、顶叶的 CBF 值比左侧的高, 但其他部位左右两侧 CBF 值之间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$); A 组的平均值比 B 组的平均值要高; 男性的 CBF 值比女性的 CBF 值低。不同部位 CBF 值之间的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。结论: ASL 能够评估正常人的脑血流量, 年龄、性别和部位对 CBF 值的测量有显著影响。

关键词: 动脉自旋标记; 脑血流量; 磁共振; 脑叶

doi:10.15953/j.1004-4140.2018.27.02.12 中图分类号: R 445 文献标志码: A

动脉自旋标记 (arterial spin labeling, ASL) 成像是一种测量大脑血供的新方法, 根据是否对血液进行标记的两次图像相减得到的脑灌注图像^[1]。ASL 主要分为脉冲式动脉自旋标记 (pulsed arterial spin labeling, PASL)、连续动脉自旋标记 (continuous arterial spin labeling, CASL)、以及假连续脉冲动脉自旋标记 (pseudo-continuous arterial spin labeling, PCASL)。CASL 成像范围大、信噪比高, 不仅可以测量很多层面而且可以随意调节标记层面的大小, 但是由于其对硬件要求高, 临床应用较少^[2]。而 PASL 由于利用的脉冲时间比较短, 对设备的要求比较低, 故临床上经常使用, 但是其信噪比较低、产生的伪影比较多, 对图像影响比较大^[3]。PCASL^[4]则综合了二者的长处, 其信噪比和标记率都比较高。

脑血流量 (cerebral blood flow, CBF) 是指每 100 g 脑组织在单位时间内通过的血流量。正常成人脑 CBF 值为 40~60 mL/(100 g·min)。Chen 等^[5]研究表明, 人脑不同部位的 CBF 值存在差异, 并有年龄依赖性和性别、侧别的差异。本研究运用 3D-ASL 序列扫描正常人大脑, 比较左右两侧各脑叶 (额叶, 顶叶, 颞叶, 枕叶)、基底节区 CBF 值是否相同,

收稿日期: 2018-01-18。

基金项目: 上海市静安区卫生计生系统十百千人才建设工程学科带头人项目 (JWRC2014D04) 资助。

并分析其与性别、年龄以及部位的关系。通过了解正常人大脑不同部位之间的 CBF 值的差异,有助于无创性、无对比剂的 3D-ASL 技术能用于筛查处于代偿期的脑血流灌注降低的患者,达到预防脑卒中发生的目的。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究经过静安医院伦理委员会审批同意,所有志愿者检查前均签署知情同意书和调查表。收集符合纳入标准的健康志愿者共 63 人,其中男 26 人,女 37 人,年龄 22~83 (53.46 ± 20.11) 岁。根据年龄是否大于 60 岁分成 2 组, A 组 (< 60 岁) 33 人, B 组 (≥ 60 岁) 30 人。

纳入标准: 志愿者无脑卒中病史, 无高血压、糖尿病、高血脂等脑卒中的高危因素的病史, 常规 MRI 扫描 (包括 T1WI、T2WI、FLAIR、DWI 序列) 显示脑内无梗死病灶, 神经系统专科检查无神经系统方面的体征和表现, 且无其他病史。排除标准: 体内装有金属异物, 有幽闭恐惧症, 安装心脏起搏器及金属支架。

1.2 仪器与方法

所有扫描通过 GE discovery 750 3.0T MR 扫描设备完成, 线圈采用头颅专用的 32 通道线圈, 扫描时均为仰卧位, 头先进。采集图像包括 T1WI、T2WI、FLAIR、DWI、ASL 和 3D-T1 序列图像, 扫描基准线为前后联合连线水平。

扫描参数: FLAIR: TR=1 902 ms, TE=24 ms, 层数 16, 层厚 6 mm, 层间距 2 mm, 视野 FOV 24 cm × 24 cm, NEX 为 1, 矩阵 320 × 224。T1WI: TR=9 000 ms, TE=128 ms, 层数 16, 层厚 6 mm, 层间距 2 mm。视野 FOV 24 cm × 24 cm, NEX 为 1, 矩阵 256 × 256。DWI: TR=3 800 ms, TE=1 ms, 层数 16, 层厚 6 mm, 层间距 2 mm。视野 FOV 24 cm × 24 cm, NEX 为 1, 矩阵 160 × 160, b 值是 1 000。3D-ASL: TR=4 938 ms, TE=10 ms, 层厚 4 mm。视野 FOV 24 cm × 24 cm, NEX 为 3, 矩阵 320 × 224, 标记延迟时间 2 s。Ax 3D-T1: TR=8.2 ms, TE=3.2 ms, 层厚 1.2 mm。视野 FOV: 24 cm × 24 cm, NEX 为 1, 矩阵 256 × 256。

1.3 图像分析

运用 ADW4.6 后处理工作站, Functool 软件, 自动生成 ASL-CBF 图像伪彩图像, 利用 Ax 3D-T1 序列与伪彩图像相匹配, 选取每一层面的感兴趣部位 (ROI), 分别测量双侧各脑叶 (额叶、顶叶、颞叶、枕叶)、基底节区及半球的 CBF 值。为保证 ROI 的一致性和可比性, 均采用镜面对称自动生成的方式, 并将 ROI 设置在 70 个单位, 一个单位为 1 mm²。

测量时应尽可能避免大血管、脑沟池及脑室等结构, 为保证测量的准确性, 每一区域均随机测量 3 次取平均值。全脑的 CBF 值 = (左侧大脑半球的 CBF 值 + 右侧大脑半球的 CBF 值) / 2。

1.4 统计学方法

利用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析, 计量资料采用均数 ± 标准差表示。采用单因素方差分析 (analysis of variance, ANOVA) 比较两侧不同脑区 CBF 值的方差齐性差异。对

方差齐性资料采用配对 t 检验比较左右两侧额叶、顶叶、颞叶、枕叶、基底节及半球的 CBF 值的差异是否有统计学意义。采用两独立样本 t 检验比较 A、B 两组间及男女两组间全脑 CBF 值的差异有无统计学意义。均以 $P < 0.05$ 差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 健康志愿者所得图像

纳入的健康志愿者共 63 人，其 ASL-CBF 图及 ASL-3D-T1 匹配图见图 1。63 例健康志愿者常规 MRI 各序列未见明显异常改变；ASL-CBF 图及 ASL-3D-T1 匹配图可清楚显示双侧脑实质灌注信号对称，未见异常灌注区。

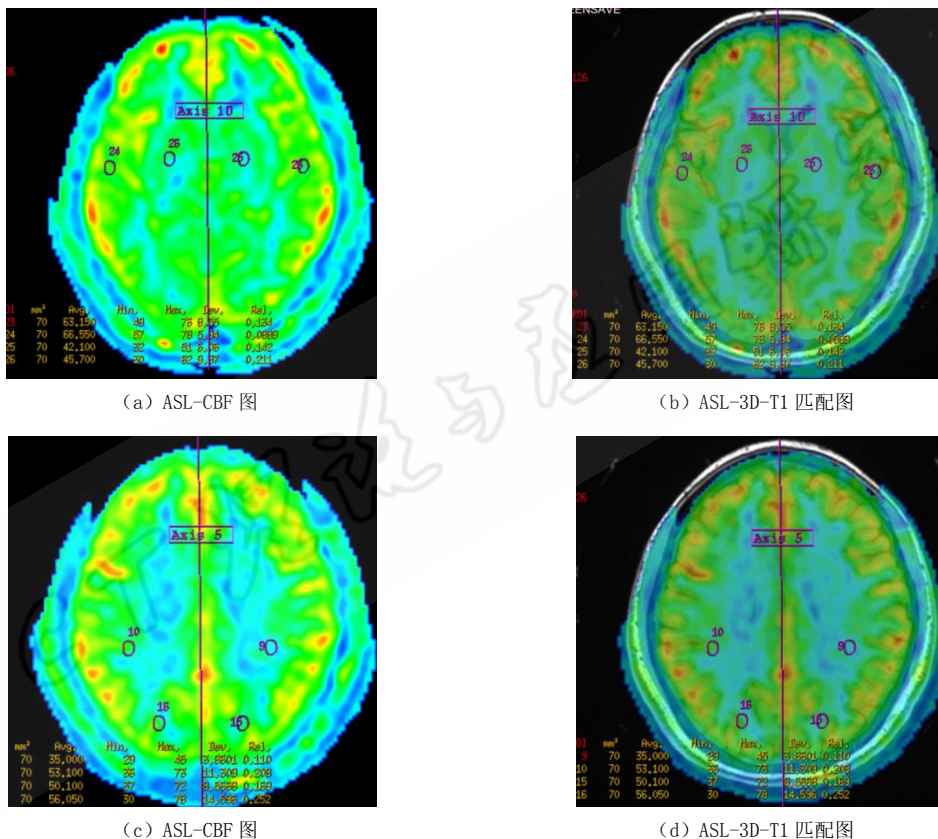


图 1 女性，26 岁。CBF 示双侧半球灌注对称，未见明显异常灌注区

Fig. 1 Female, 26 years old. CBF showed that bilateral hemispherical perfusion was symmetrical and no obvious abnormal perfusion area

2.2 双侧大脑半球不同部位 CBF 值间的比较

两侧大脑各部位之间 CBF 值比较的差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)，说明大脑不同区域的 CBF 值是有差异的。各部位左右两侧的 CBF 值进行比较 (见表 1)。

左侧额叶、顶叶的 CBF 值低于右侧，有统计学意义；其余脑叶、基底节及半球的 CBF 值在左右两侧的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.3 不同性别 CBF 值的比较

男女两组均符合正态性和方差齐性, 两组间年龄差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。女性组大脑 CBF 值的平均值为 (53.39 ± 7.66) mL/(min·100 g), 男性组大脑 CBF 值的平均值为 (48.86 ± 8.14) mL/(min·100 g), 女性的 CBF 值比男性的高 ($t = -2.26$, $P = 0.03$) (见表 2)。

表 1 双侧大脑半球不同部位的 CBF 值间的比较

Table 1 Comparison of CBF values between different parts of the hemispheres of the cerebral hemisphere

部位	CBF 平均值[mL/(min·100 g)]		统计检验	
	左侧	右侧	<i>t</i>	<i>P</i>
额叶	41.76 ± 10.67	44.60 ± 11.63	-2.74	0.01
顶叶	41.76 ± 10.67	44.60 ± 11.63	-2.74	0.01
颞叶	65.05 ± 11.16	65.18 ± 11.43	-0.16	0.88
枕叶	47.67 ± 11.68	47.76 ± 12.44	-0.88	0.93
基底节	44.29 ± 8.50	44.88 ± 7.50	-1.01	0.32
半球	51.51 ± 8.15	51.39 ± 8.21	0.51	0.61
<i>F</i>	39.97	31.08		
<i>P</i>	0.00	0.00		

单因素方差分析, $P < 0.05$ 有统计学意义。

表 2 男女半球 CBF 值的比较

Table 2 The comparison of CBF value of men and women hemisphere

性别	人数	平均值[mL/(min·100 g)]	统计检验	
			<i>t</i>	<i>P</i>
男性	27	48.86 ± 8.14	-2.26	0.03
女性	36	53.39 ± 7.66		

独立样本 *t* 检验, $P < 0.05$ 有统计学意义。

2.4 不同年龄 CBF 值的比较

两组均符合正态性和方差齐性, 两组性别的差异不具有统计学意义 ($P > 0.05$)。A 组全脑 CBF 值的平均值为 (54.18 ± 7.88) mL/(min·100 g), B 组全脑 CBF 值的平均值为 (49.97 ± 7.45) mL/(min·100 g), B 组 CBF 值比 A 组低 ($t = 2.21$, $P = 0.04$) (见表 3)。

表 3 不同年龄组 CBF 值的比较

Table 3 The comparison of CBF value of different age groups

年龄	人数	平均值[mL/(min·100 g)]	统计检验	
			<i>t</i>	<i>P</i>
< 60	33	54.18 ± 7.88	2.12	0.04
≥ 60	30	49.97 ± 7.45		

独立样本 *t* 检验, $P < 0.05$ 有统计学意义。

3 讨论

大脑的血流灌注情况能反映大脑的状态, 在很多疾病的诊断、治疗中具有重要的作用。目前用于检测脑血流灌注的方法主要有单光子发射计算机断层成像术 (Single-Photon Emission Computed Tomography, SPECT)、CT 灌注成像 (CTP)、正电子断层成像 (PET) 和动态增强磁共振灌注加权成像 (DSC-PWI)。CTP 辐射大, 需要外源性造影剂, 有创性, 易对碘过敏^[6]。SPECT 采用放射性示踪剂作为标志物, 辐射较大, 标记物分子量大, 半衰期久。

PET 的标记物是氧标记的水分子, 但其操作复杂。DSC 是将钆造影剂注入体内, 有创, 操作复杂^[7]。本研究使用 3D-ASL 方法, 利用体内质子作为对比剂, 不需要造影剂, 操作方便, 且无创, 具有可重复性, 特别适用于肾功能不良或者对造影剂过敏的患者。3D-ASL 的射频平台具有较高的稳定性和保真度, 因此避免了 PASL 的灌注不均匀、信噪比低的缺点, 在临床上更实用^[8]。

本研究主要研究正常人 3D-ASL 测量的 CBF 值, 比较并分析 CBF 值与脑区部位、性别、年龄的关系。

3.1 CBF 值与部位和侧别的关系

本研究所得左右两侧枕叶、颞叶、基底节区及全脑 CBF 值之间的比较无明显统计学差异, 这与既往的研究相符。但所得左右两侧的额叶和顶叶 CBF 值之间的差异有统计学意义 ($P > 0.05$), 这与既往的研究不相符^[9-10], 可能是由于前面两位学者均分灰质和白质分别测量, 而本研究没有区分灰质和白质, 采用随机取点求平均值的方法。前两位学者使用的均是 8 通道头颅线圈, 本研究使用的则是 32 通道头颅线圈, 获得的图像和测量数据更为可靠, 我们的结果之所以与前述研究不同可能与线圈及测量方法有关。

2011 年 Chen 等^[5]研究左右两侧大脑半球某些结构 CBF 值的差异是有统计学意义的, 其所得顶下叶、外侧前额叶以及额叶左侧的 CBF 值比右侧高, 而顶上叶的 CBF 值左侧比右侧低。因此, 左右两侧额顶叶的 CBF 值是否一致至今仍无明确的一致性结论, 可能是由于额叶几乎涉及所有的心理功能, 包括记忆、语言、智力以及人格等, 广泛复杂且有些功能在左右额叶是不对称的, 如语言功能, 95% 以上的人群是由左侧额叶支配控制的。顶叶主要涉及感觉中枢, 还涉及一些神经心理功能, 如语言、记忆及注意等, 同样比较复杂。

本研究全脑的 CBF 值左右无明显差异, 与以往的研究相一致^[9-10], 但本研究发现各额、顶叶的 CBF 值有差异, 可能与各脑叶的功能不同有关, 尚需进行大样本的研究。左右不对称是脑灌注的正常属性, 有报道使用氩技术证实了脑灌注的不对称性^[11]。额顶叶除前额叶和顶叶内侧由大脑前动脉供血外, 其他绝大部分由大脑中动脉供血。将大脑分成 3 个不同的供血区域, 不同区域的灌注不同, 其中大脑前动脉的供血区的左侧灌注高于右侧^[12-13]。

3.2 CBF 值与性别的关系

本研究女性全脑的 CBF 值比男性高, 与文献报道相符^[5, 10], 这可能是因为女性的雌性激素水平比较高, 且其血液粘稠度和血细胞比容比男性低^[14-16]因为女性的血细胞比容比男性

的低,所以女性的脑血流速度、脑血流量均比男性高。

有研究者报道^[17],CBF 值在绝经前女性中比同年龄段男性的 CBF 值高,而老年女性和老年男性的 CBF 值无明显差异。有学者使用 PET 对男女的 CBF 值进行比较,女性的 CBF 值比男性高^[18]。

3.3 CBF 值与年龄的关系

有研究报道^[19]随着年龄的增加,脑 CBF 值降低。根据 60 岁作为中老年分界,本研究发现 A、B 两组之间的差异具有统计学意义。说明随着年龄的增加,脑 CBF 值降低,与文献报道相一致。这可能是因为随着年龄的增长,全身各组织器官逐渐衰老,神经的自主活动降低,血管收缩或舒张的功能下降。

60 岁以上的老年人,大脑血管出现不同程度的硬化,导致动脉弹性和缓冲能力下降,对脑血流量影响较大^[20]。研究显示^[17]绝经前女性的 CBF 值明显比绝经后女性的 CBF 值高。

3.4 结论

3D-ASL 能够准确测量脑 CBF 值,对脑内各部位的 CBF 值测量具有可重复性及可行性。大脑两侧颞、枕叶及基底节区的 CBF 值的差异无明显统计学意义,仅额叶、顶叶 CBF 值的差异有统计学意义,且左侧的 CBF 值高于右侧。

女性高于男性大脑的 CBF 值,年龄小于 60 岁的脑 CBF 值高于大于 60 岁的值,脑内不同部位 CBF 值不同。

3.5 本研究的局限性

样本量较少,年龄分布不均,其中 40~60 岁年龄段的样本较少,性别分布亦不够均匀。后处理采用手动测 CBF,虽然尽量降低误差,但依然易受操作者主观因素的影响。

选取 ROI 时未区分灰质和白质,采用随机取点,三次取平均值,不排除白质与灰质脑 CBF 存在差异的可能性,需要与常规脑灌注成像结果对比,尤其与有创的脑血流测量金标准进行对比。后续工作需要扩大样本量并分别测量灰质与白质。

参考文献

- [1] Hendrikse J, van Osch MJ, Rutgers DR, et al. Internal carotid artery occlusion assessed at pulsed arterial spin-labeling perfusion MR imaging at multiple delay times[J]. *Radiology*, 2004, 233(3): 899-904.
- [2] Robson PM, Dai W, Shankaranarayanan A, et al. Time-resolved vessel-selective digital subtraction MR angiography of the cerebral vasculature with arterial spin labeling[J]. *Radiology*, 2010, 257(2): 507-515.
- [3] Dolui S, Vidorreta M, Wang Z, et al. Comparison of PASL, PCASL, and background-suppressed 3D PCASL in mild cognitive impairment[J]. *Human Brain Mapping*, 2017, 38(10): 5260-5273.
- [4] Wu W C, Fernandez-Seara M, Detre J A, et al. A theoretical and experimental investigation of the tagging efficiency of pseudocontinuous arterial spin labeling[J]. *Magnetic Resonance Medicine*, 2007, 58(5): 1020-1027.
- [5] Chen J, Rosas HD, Salat DH. Age-associated reductions in cerebral blood flow are independent

- from regional atrophy[J]. *Neuroimage*, 2011, 55(2): 468-478.
- [6] Bivard A, Krishnamurthy V, Stanwell P, et al. Arterial spin labeling versus bolus-tracking perfusion in hyperacute stroke[J]. *Stroke*, 2014, 45(1): 127-133.
- [7] Vercllytte S, Lopes R, Lenfant P, et al. Cerebral hypoperfusion and hypometabolism detected by arterial spin labeling MRI and FDG-PET in early-onset Alzheimer's disease[J]. *Journal of Neuroimaging*, 2016, 26(2): 207-212.
- [8] Vercllytte S, Fisch O, Colas L, et al. ASL and susceptibility-weighted imaging contribution to the management of acute ischaemic stroke[J]. *Insights into Imaging*, 2017, 8(1): 91-100.
- [9] 徐亚利, 袁瑛, 陶晓峰. ASL 在不同年龄段正常人脑血流量中的应用[J]. *实用放射学杂志*, 2014, 8(8): 1267-1270.
- Xu YL, Yuan Y, Tao XF. The application of ASL in assessing cerebral blood flow in healthy volunteers[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2014, 8(8): 1267-1270. (in Chinese).
- [10] 甘敏, 陈飞, 戴真煜, 等. 磁共振三维动脉自旋标记灌注成像在不同年龄段正常人脑血流分析中的应用[J]. *医学影像学杂志*, 2016, 12(12): 2159-2163.
- Gang M, Chen F, Dai ZY, et al. Magnetic resonance 3D arterial spin labeling perfusion imaging used in the analysis of cerebral blood flow from different age of normal people[J]. *Journal of Medical Imaging*, 2016, 12(12): 2159-2163. (in Chinese).
- [11] Rodriguez G, Coppola R, De Carli F, et al. Regional cerebral blood flow asymmetries in a group of 189 normal subjects at rest[J]. *Brain Topography*, 1991, 4(1): 57-63.
- [12] Floyd T F, Ratcliffe S J, Wang J, et al. Precision of the CASL-perfusion MRI technique for the measurement of cerebral blood flow in whole brain and vascular territories[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2003, 18(6): 649-655.
- [13] Pfefferbaum A, Chanraud S, Pitel AL, et al. Volumetric cerebral perfusion imaging in healthy adults: Regional distribution, laterality, and repeatability of pulsed continuous arterial spin labeling (PCASL)[J]. *Psychiatry Research*, 2010, 182(3): 266-273.
- [14] Zeng SM, Yankowitz J, Widness JA, et al. Etiology of differences in hematocrit between males and females: Sequence-based polymorphisms in erythropoietin and its receptor[J]. *Journal of Gender Specific Medicine*, 2001, 4(1): 35-40.
- [15] Podreka I, Baumgartner C, Suess E, et al. Quantification of regional cerebral blood flow with IMP-SPECT. Reproducibility and clinical relevance of flow values[J]. *Stroke*, 1989, 20(2): 183-191.
- [16] Gibson CL. Cerebral ischemic stroke: Is gender important?[J]. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 2013, 33(9): 1355-1361.
- [17] Liu W, Lou X, Ma L. Use of 3D pseudo-continuous arterial spin labeling to characterize sex and age differences in cerebral blood flow[J]. *Neuroradiology*, 2016, 58(9): 943-948.
- [18] Esposito G, Van Horn JD, Weinberger DR, et al. Gender differences in cerebral blood flow as a function of cognitive state with PET[J]. *Journal of Nuclear Medicine*, 1996, 37(4): 559-564.
- [19] Biagi L, Abbruzzese A, Bianchi MC, et al. Age dependence of cerebral perfusion assessed by magnetic resonance continuous arterial spin labeling[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2007, 25(4): 696-702.
- [20] 郑颖, 刘玉红, 乔建宏, 等. 颈动脉超声筛查脑卒中高危人群 400 例临床分析[J]. *中国现代医药杂志*, 2011, 4(4): 65-66.
- Zheng Y, Liu YH, Qiao JH, et al. Clinical analysis of community at high risk of stroke by examining carotid artery ultrasonography[J]. *Modern Medicine Journal of China*, 2011, 4(4): 65-66. (in Chinese).

The Study of 3D-ASL in Assessing Cerebral Blood Flow in Normal Persons

PENG Xiu-hua, GU Xiao-li, ZHANG Shi-yu, LIANG Zong-hui✉

(Radiology Department of Jingan District Central Hospital of Shanghai, Shanghai 200040, China)

Abstract: Objective: With the increasing incidence of stroke which is due to the reduction of cerebral blood flow, the quantitative measurement of cerebral blood flow is very important. There are a variety of quantitative detection methods of cerebral blood flow, the commonly used quantitative detection methods are PET and SPECT, but there is radiation of the above detection methods, and the operation is complex. The purpose of this study is to measure cerebral blood flow of normal persons by three-dimensional magnetic resonance arterial spin labeling technique (3D-ASL). Methods: Sixty-three health persons, who were divided into group A (< 60 years) and group B (\geq 60 years) according to age. The average age of group A was 36 years (including 14 males and 19 females), the average age of group B was 69 years (including 12 males and 18 females), accepted examinations including routine MRI, 3D-T1 and 3D-ASL sequences. We got the cerebral blood flow maps and matched it with the 3D-T1 images. The CBF values of every part of brain were measured, and the variance analysis method was used to compare the CBF values of every lobe, basal ganglia and cerebral hemisphere between the two groups. Results: There was significant differences of the CBF values in frontal lobe and parietal lobe between left and right hemispheres in two groups ($P < 0.05$). A significant difference of the CBF values of bilateral cerebral hemispheres, frontal lobe, parietal lobe, temporal lobe, occipital lobe and basal ganglia was found between group A and group B ($P < 0.05$). The average value of group A was higher than that of group B. The CBF values of bilateral cerebral hemispheres of female group were significantly higher than that of male group. There was a significant difference among the frontal lobe, parietal lobe, temporal lobe, occipital lobe and basal ganglia of CBF value in the same person ($P < 0.05$). Conclusion: The 3D-ASL can be used to evaluate the cerebral blood flow in health persons, and the CBF value was significantly affected by age, gender and location.

Keywords: arterial spin labeling; cerebral blood flow; magnetic resonance imaging; cerebral lobe



作者简介: 彭秀华 (1991—), 女, 复旦大学上海医学院影像医学与核医学专业硕士研究生, 研究方向为多模态磁共振对缺血性脑卒中的应用研究, Tel: 13162905958, E-mail: 14211340002@fudan.edu.cn; 梁宗辉✉ (1969—), 男, 上海市静安区中心医院 (复旦大学附属华山医院静安分院) 放射科主任、介入科主任, 主任医师, 博士, 硕士生导师, 主要从事影像诊断研究, 主攻神经影像学和腹部影像学诊断, Tel: 021-61578005, E-mail: liangzh@vip.163.com。